



Av. Prof. Almeida Prado, 532
Cidade Universitária - Butantã
CEP 05508-901
São Paulo - SP
Tel: (11) 3767-4164
Fax: (11) 3719-5737
lcs@ipt.br / www.ipt.br

Produto
**Sistema de paredes DPB de
painéis nervurados pré-
fabricados de concreto armado**

Proponente:
**DPB (Domus Populi Brasitherm) Soluções
Tecnológicas para Construção Civil S.A.**
Av. Brigadeiro Faria Lima, 1912 – 18º andar
CEP 01451-000, São Paulo – SP
Tel: (11) 3074-8200
Home page: <http://www.domuspopuli.com.br>
e-mail: informações@domuspopuli.com.br



SINAT

Emissão:
Novembro de 2018

Validade:
Outubro de 2020

Considerando a avaliação técnica inicial coordenada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, para a concessão do DATec Nº 024-B, e as decisões do Comitê Técnico, de 24/10/2018, e da Comissão Nacional, de 14/11/2018, resolveu conceder ao "Produto DPB" de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado para paredes o Documento de Avaliação Técnica Nº 024. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de edificações habitacionais de até cinco pavimentos e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.

**DATec
Nº 024-B**

Limites da avaliação técnica e do uso das paredes com painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado:

- Para a avaliação considerou-se como elementos inovadores as paredes estruturais de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado;
- Os componentes e elementos convencionais devem atender às normas técnicas correspondentes e foram analisados apenas no caso em que se observou interface com as paredes e influência no desempenho do sistema construtivo;
- A avaliação foi realizada considerando o emprego das paredes em edifícios multifamiliares de até cinco pavimentos. ;
- O desempenho térmico foi avaliado para as zonas bioclimáticas Z3 e Z7, representadas, respectivamente, pelas cidades de São Paulo-SP e Cuiabá-MT. Foi avaliado também o emprego na cidade de Belém-PA. O desempenho térmico é atendido com o uso de cores claras, médias ou escuras. Para outras zonas bioclimáticas diferentes da Z3 e Z7, uma avaliação específica precisa ser realizada.
- O desempenho acústico, calculado pela composição $R_{w \text{ parede}}=41\text{dB}$ e $R_{w \text{ janela}}=24\text{dB}$, atende aos critérios da NBR 15.575-4 para a fachada, considerando as classes de ruído I e II, conforme exposto na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**
- As paredes entre unidades habitacionais são formadas por painéis maciços de 140 mm, as quais atendem ao critério de desempenho acústico entre unidades somente naqueles casos onde não exista ambiente dormitório;
- A avaliação da durabilidade foi feita considerando-se a classe de concreto C40, para as classes I e II de agressividade ambiental, correspondentes às zonas rural e urbana, respectivamente. Portanto, o uso do sistema de painéis está limitado à classe de agressividade I e II (atmosferas rurais e urbanas).
- O comportamento das juntas entre painéis, das juntas entre painéis e lajes e das juntas entre painéis e esquadrias deve ser objeto de monitoramento constante pelo Proponente da Tecnologia, em razão da limitação de se avaliar tal comportamento ao longo do tempo.

1 Descrição do produto

Os painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado, com 140 mm de espessura, destinam-se à construção de paredes estruturais de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.

A produção dos painéis é feita na posição horizontal em pistas de concretagem na unidade de produção localizada na cidade de Várzea Paulista-SP (Figura 1).



Figura 1 – Vista geral da produção dos painéis na fábrica de Várzea Paulista

O concreto empregado na produção dos painéis tem massa específica, aproximada, de 2.200 kg/m^3 e resistência característica à compressão, f_{ck} , de 40 MPa, aos 28 dias.

A fundação é determinada para cada local de implantação das unidades habitacionais, considerando pareceres de especialistas em geotecnia e fundações. Em qualquer caso as paredes são apoiadas na fundação de forma contínua ao longo de todo o seu comprimento, sobre vigas baldrame ou radier.

As lajes são maciças, pré-fabricadas de concreto armado com 100 mm de espessura.

A cobertura considerada para efeito da avaliação do desempenho térmico é constituída de estrutura de madeira ou estrutura metálica e telhas cerâmicas ou de fibrocimento.

A avaliação técnica não contemplou elementos e componentes convencionais, como fundações, sistemas de pisos, sistemas de cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e revestimentos, dentre outros. Ressalta-se que devem ser atendidas as respectivas normas técnicas brasileiras.

1.1 Condições e limitações de uso

Os painéis nervurados pré-fabricados de concreto destinam-se à utilização em edificações habitacionais de até cinco pavimentos, em que as paredes e lajes de concreto armado são estruturais, não podendo ser demolidas total ou parcialmente. Qualquer modificação em paredes e lajes, como abertura de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com a DPB, na fase de projeto do edifício. O uso dos painéis está limitado às classes de agressividade ambiental I e II (atmosferas rural e urbana). Os cuidados na utilização constam do Manual Técnico de uso e manutenção do sistema de paredes, elaborado pela DPB para o sistema de paredes.

2 Diretriz para avaliação técnica

O IPT realizou a avaliação técnica de acordo com a DIRETRIZ SINAT N° 002 – “Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos integrados por painéis estruturais pré-moldados, para emprego em casas térreas, sobrados e edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos”, Revisão 02, de agosto de 2016. Considerou-se também a ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho.

3 Informações e dados técnicos

3.1 Especificações técnicas

- a) **Painéis de parede:** os painéis de parede são estruturais, nervurados, pré-fabricados de concreto armado e com espessura de 140 mm, tanto para as paredes externas quanto internas às unidades. Já os painéis entre unidades habitacionais são pré-fabricados maciços também de 140 mm;

Os painéis, com 140 mm de espessura total, são constituídos por duas placas de concreto armado de 35 mm de espessura cada uma, afastadas de 70 mm. As placas são unidas por um quadro externo e nervuras internas de concreto armado. A Figura 2 mostra um desenho esquemático do painel. A altura do painel será conforme o pé direito da edificação. O comprimento dos painéis varia de acordo com cada projeto específico, sendo o comprimento máximo de 4,0 m. As nervuras são espaçadas a cada 750 mm;

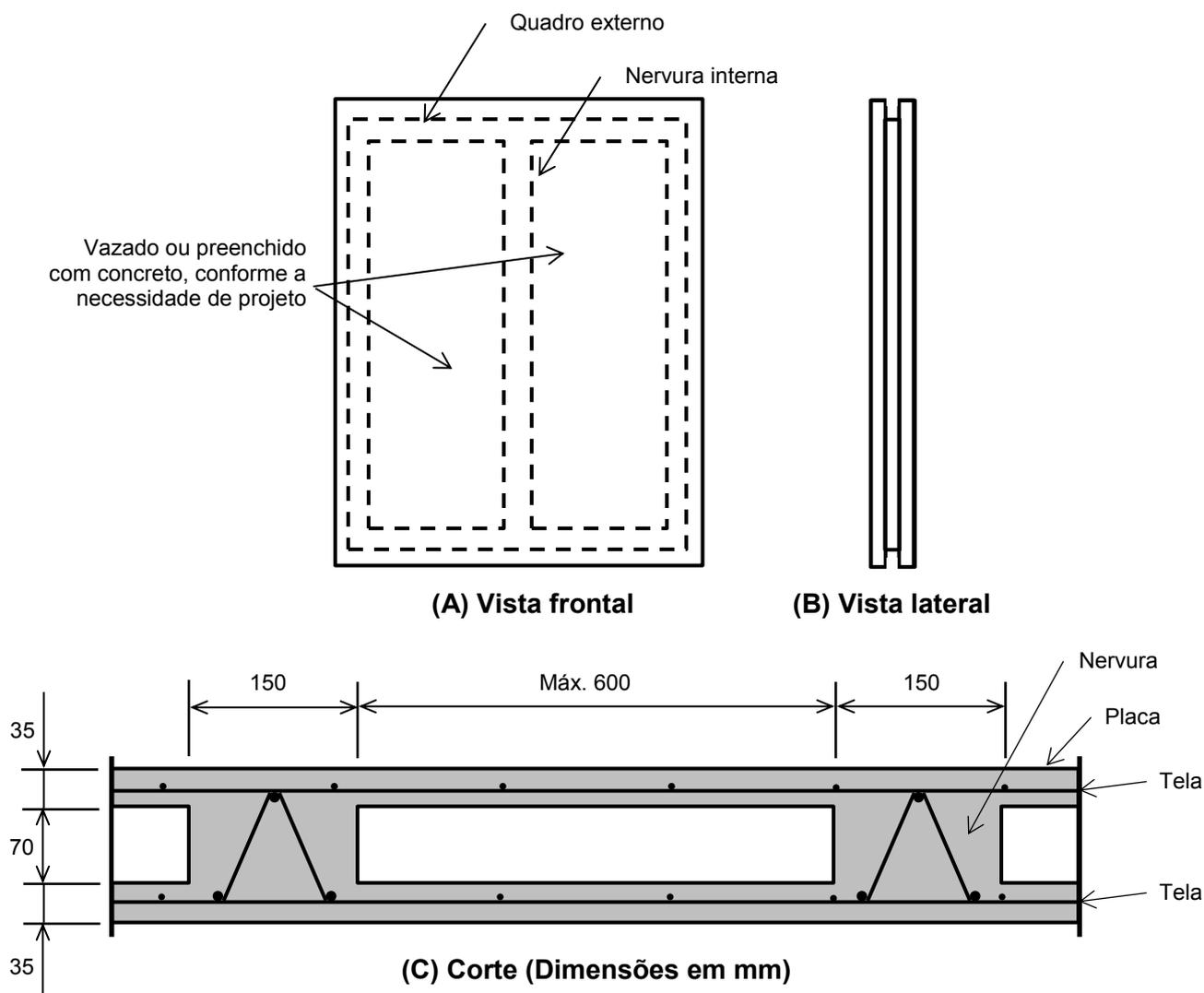


Figura 2 – Esquema geral do painel

- b) **Concreto:** o concreto empregado na produção dos painéis é convencional, com adição de fibra de polipropileno com consumo de 1.200 g/m^3 . Possui massa específica, aproximada, de 2.200 kg/m^3 e resistência característica à compressão especificada de 40 MPa, aos 28 dias, com relação a/c limitada a 0,45. A resistência mínima na desenforma, a 24 horas, é de 10 MPa. O concreto empregado nas lajes pré-moldadas possui f_{ck} especificado em projeto de 25 MPa;
- c) **Ligação entre painéis de parede:** a ligação entre os painéis é feita através de nove cabos de aço de $\text{Ø}3 \text{ mm}$ dispostos nas laterais dos painéis a cada 300 mm (no sentido da altura) e duas a quatro barras de aço verticais de $\text{Ø}10 \text{ mm}$ ou $\text{Ø} 12,5\text{mm}$ dependendo do tipo de ligação entre painéis e do projeto estrutural específico, como mostrado esquematicamente na Figura 3, Figura 4 e Figura 5, respectivamente, para ligação a 90° , ligação de topo e ligação em "T". As barras de aço verticais são dispostas ao longo de toda a altura do edifício, sendo a ligação monolitizada com a inserção de graute nesta região;

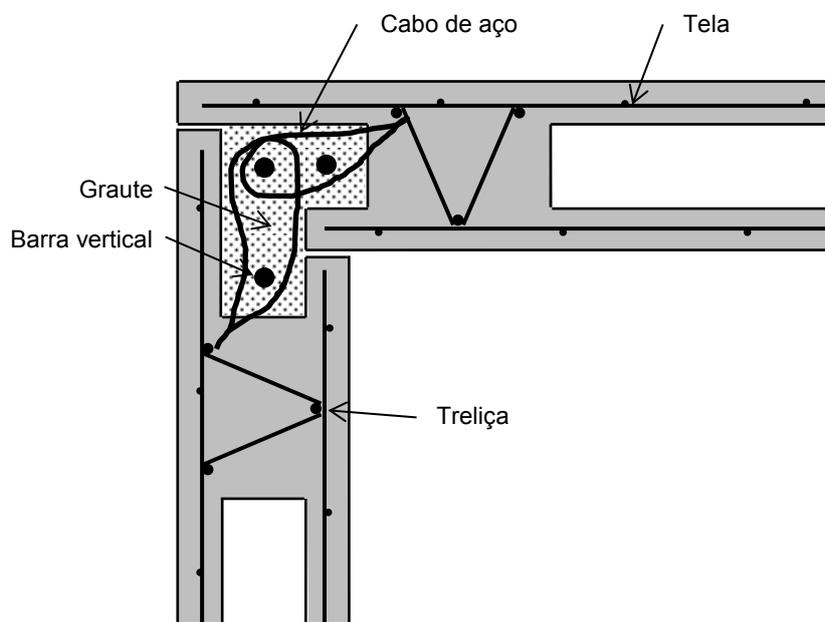


Figura 3 – Ligação entre painéis a 90°

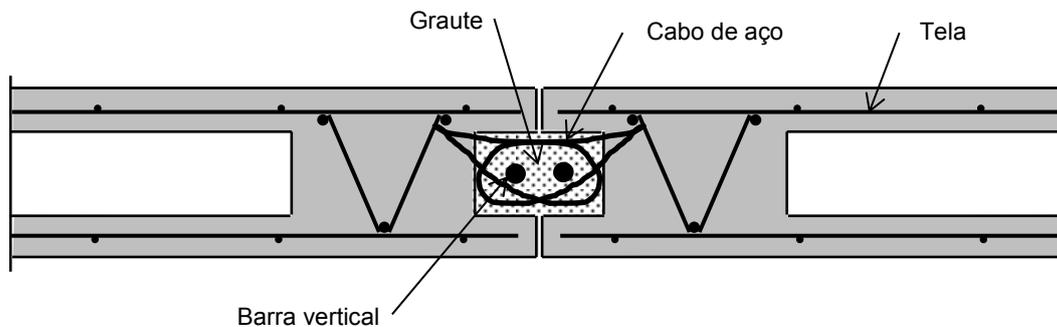


Figura 4 – Ligação entre painéis de topo

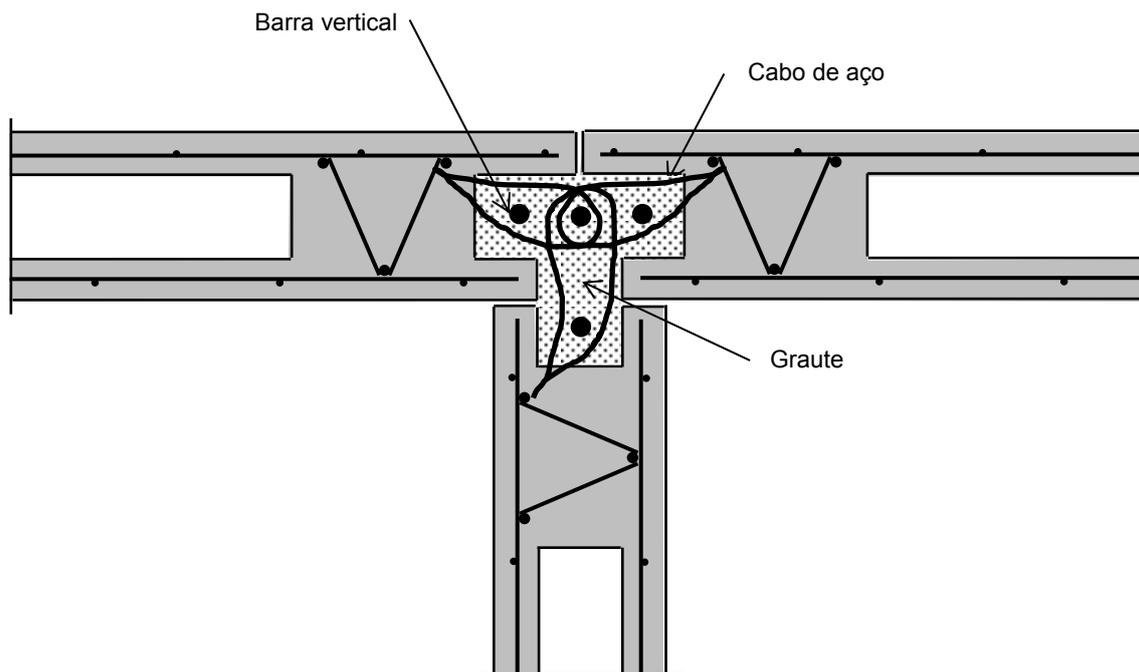


Figura 5 – Ligação entre painéis em “T”

- d) **Graute:** o graute empregado nas ligações entre painéis e nas ligações com as lajes é produzido com cimento, areia e aditivo superplastificante, com resistência característica à compressão de 30 MPa, aos 28 dias e consistência, obtida pelo espalhamento, de 400 ± 10 mm;
- e) **Armadura:** a armadura empregada nos painéis é constituída de tela soldada galvanizada, de malha 100 mm x 100 mm e fios de $\varnothing 2,76$ mm e camada de zinco de 40 g/m^2 . As nervuras internas e o quadro externo dos painéis possuem armadura de treliça TG-10L com altura de 100 mm, fio superior de $\varnothing 6$ mm, diagonal de $\varnothing 4,2$ mm e fios inferiores de $\varnothing 4,2$ mm. Trata-se de uma treliça de produção especial, produzida sob encomenda para a DPB;
- f) **Revestimentos e acabamentos:** os revestimentos das paredes internas das áreas molháveis e molhadas (cozinha, banheiro e área de serviço) são constituídos de placas cerâmicas, aplicadas com argamassa colante tipo AC I, diretamente sobre os painéis. No banheiro o revestimento cerâmico é aplicado até o teto em todas as paredes. Na cozinha e na área de serviço as placas cerâmicas são aplicadas do piso ao teto, nas paredes onde são instalados a pia e o tanque. Nas paredes e tetos de áreas secas e nas paredes das áreas molháveis, que não recebem revestimento cerâmico, aplica-se pintura acrílica. As paredes externas são revestidas com textura acrílica, sendo que na região das juntas entre painéis aplica-se emulsão acrílica e tela de poliéster, antes da textura;
- g) **Interface entre parede e fundação:** os painéis são apoiados diretamente sobre vigas baldrame ou radier ao longo de todo o seu comprimento (Figura 6), utilizando-se de argamassa de assentamento. A ancoragem à fundação é feita por meio das barras verticais posicionadas nas juntas entre painéis, como indicado anteriormente na Figura 5. Essas barras fazem também a ligação entre os pavimentos;

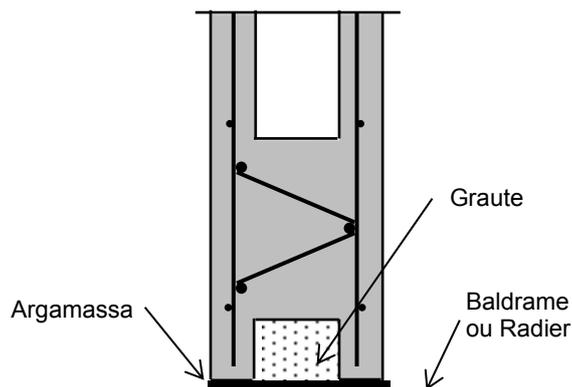


Figura 6 – Esquema geral da interface painel e fundação

- h) **Interface entre parede e laje:** as lajes são apoiadas diretamente sobre os painéis. Antes da montagem do painel superior, é feito o grauteamento da ligação entre a laje e os painéis, preenchendo-se o rebaixo existente no topo dos painéis, como indicado esquematicamente na Figura 7. Há armaduras e peças especiais de ligação para os painéis de laje. Na face externa da parede, o tratamento da junta entre laje e parede é feito com emulsão acrílica e tela de poliéster, aplicadas antes da textura acrílica e com a colocação de uma moldura horizontal de EPS revestida com pasta de cimento reforçada com tela de poliéster. No caso da moldura, há também a impermeabilização acrílica na parte superior, no encontro com a parede, com material acrílico reforçado com tela de poliéster;

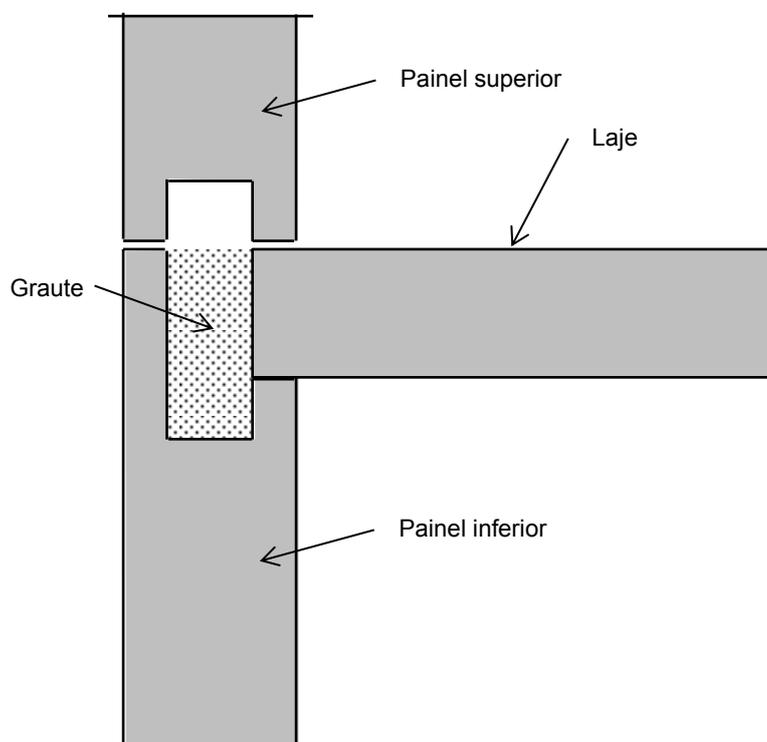


Figura 7 – Interface entre painéis e laje

- i) **Interface entre parede e esquadrias:** As esquadrias de janelas são fixadas aos painéis por meio de parafusos de aço e buchas plásticas. Há um ressalto no vão, como mostrado na Figura 8, que permite o encaixe da janela. Na fabricação do painel o vão recebe reforços de treliça ao longo de todo o seu contorno, como indicado na Figura 8. A interface entre o marco da janela e o painel recebe selante;

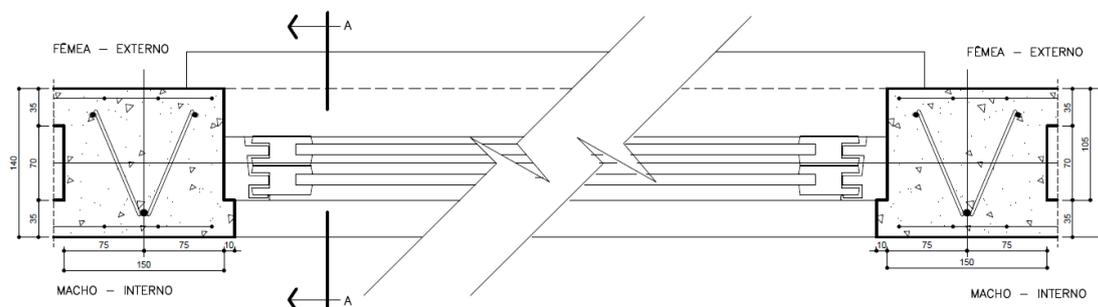


Figura 8 – Interface entre painel e esquadria

- j) **Interface entre parede e piso:** os pisos das áreas secas e das áreas molháveis recebem contrapiso de argamassa;
- k) **Interface entre paredes e instalações:** as tubulações de água do banheiro e cozinha são embutidas no forro falso, sendo que os sub-ramais da pia, lavatório e tanque são embutidos em um enchimento de argamassa executado sobre os painéis (sanca). Os tubos de queda de esgoto são embutidos em shafts, os ramais do tanque e lavatório são aparentes e o da pia é embutido em um enchimento sob a bancada (Figura 9). A tubulação de gás é externa às paredes, posicionada sobreposta na fachada.

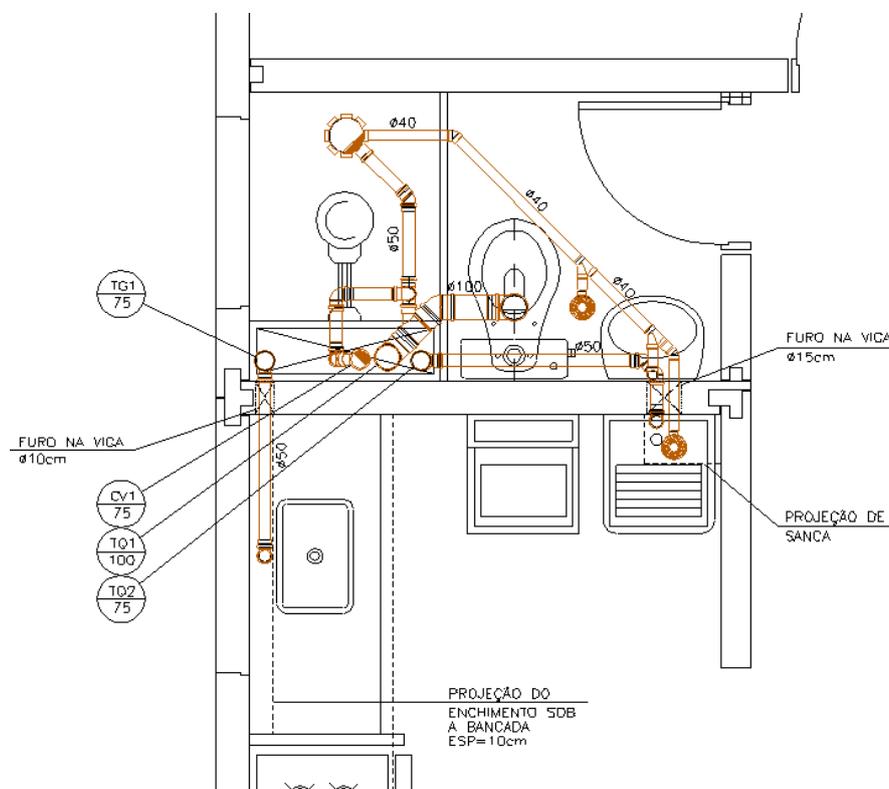


Figura 9 – Interface entre painel e tubulações de esgoto (exemplo esquemático do posicionamento das tubulações hidráulicas)

3.2 Procedimentos de execução

A sequência de atividades para a produção e montagem dos painéis do sistema DPB, apresentada nos próximos itens, foi constatada nas visitas técnicas realizadas na fábrica em Várzea Paulista-SP e à obra do Condomínio Monterrey, na cidade de Rio Claro-SP (Figura 10).



Figura 10 – Vista geral da montagem dos painéis na obra

3.2.1 Produção dos painéis

A produção dos painéis é feita na posição horizontal sobre pistas de concretagem e é dividida em duas etapas:

- **1ª Etapa:** produção da primeira face do painel, que contém o quadro externo e as nervuras longitudinais e transversais, denominada pela DPB de “lado macho”; e
- **2ª Etapa:** produção da segunda face do painel, denominada pela DPB de “lado fêmea”.

Essas Etapas compreendem os seguintes procedimentos:

- a) Para a produção da primeira face, as laterais das fôrmas – constituídas de cantoneiras de aço – são fixadas sobre a pista de concretagem. Faz-se a limpeza da superfície da pista e aplica-se desmoldante (Figura 11). Monta-se a tela de armadura da face com os espaçadores e as caixas elétricas (Figura 12). São utilizados quatro espaçadores por metro quadrado, distanciados entre si em, no máximo, 500 mm. Também são posicionados os dispositivos para o içamento do painel, constituídos de insertos metálicos roscados;



Figura 11 – Aplicação de desmoldante na pista de concretagem



Figura 12 – Utilização de espaçador para posicionamento da tela

- b) É feita a concretagem dessa face do painel (Figura 13), e, posteriormente, a colocação das treliças e a montagem das fôrmas das nervuras e do quadro externo (Figura 14) sobre o concreto recém lançado, concretando-se as nervuras em seguida (Figura 15). O concreto é adensado com vibrador de imersão;



Figura 13 – Concretagem da face do painel



Figura 14 – Colocação da fôrma e da armadura do quadro externo e das nervuras



Figura 15 – Concretagem das nervuras e do quadro externo da primeira placa

- c) No dia seguinte à concretagem é feita a desenforma da primeira placa com 35 mm de espessura. Molda-se a segunda placa do painel, também com 35 mm de espessura, analogamente ao descrito anteriormente para a primeira placa, porém, sem as nervuras, e posiciona-se a primeira placa sobre a segunda placa com o concreto da segunda placa ainda fresco. A ligação entre ambas é feita pela penetração do fio do banzo da treliça da primeira placa na camada de concreto da segunda placa, como indicado esquematicamente na Figura 16. A profundidade em que ocorre essa penetração é de 15 mm. A espessura do painel e o alinhamento entre as placas são conseguidos com a utilização de calços de aço posicionados nas extremidades das placas, que posteriormente são removidos. O cobrimento da armadura galvanizada é de 20 mm;
- d) Após a cura inicial do concreto, na pista de concretagem e com aspersão de água, os painéis são içados (Figura 17) e transportados para a área de estocagem e de realização de eventuais reparos e acabamentos dos painéis (Figura 18);

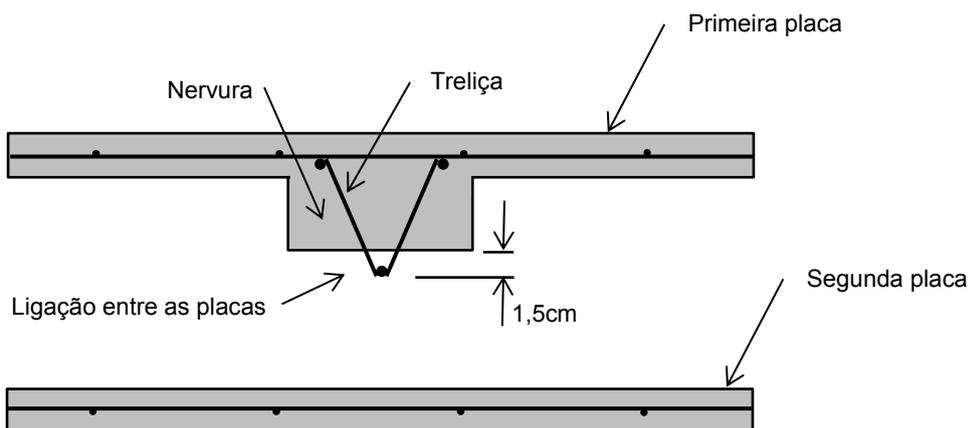


Figura 16 – Ligação entre as placas do painel



Figura 17 – Içamento do painel



Figura 18 – Estocagem dos painéis

3.2.2 Montagem dos painéis

- Na obra os painéis do pavimento térreo são apoiados sobre o radier ou a viga baldrame (Figura 19). Nos demais pavimentos os painéis são apoiados diretamente sobre a laje. Os arranques são posicionados desde a execução da fundação e em todos os pavimentos, para dar continuidade às barras de aço verticais posicionadas nas ligações;
- Os painéis são içados por guias ou guindastes, posicionados e escorados com escoras de aço (Figura 20). Em seguida, posiciona-se o painel transversal e faz-se a ligação;



Figura 19 – Posicionamento do painel sobre baldrame



Figura 20 – Escoramento do painel

- c) É feito o preenchimento da ligação lateral entre os painéis com graute. Para isso coloca-se o delimitador de profundidade de juntas (Figura 21). Para resistir ao empuxo causado pelo graute utiliza-se um perfil metálico parafusado ao painel (Figura 22) e lança-se o graute com balde ou bomba (Figura 23). O graute preenche também o rebaixo existente na base dos painéis, como indicado esquematicamente na Figura 24;



Figura 21 – Colocação do delimitador de fundo de junta



Figura 22 – Fixação do perfil metálico ao painel



Figura 23 – Grauteamento da ligação entre os painéis, uso de fundo de junta

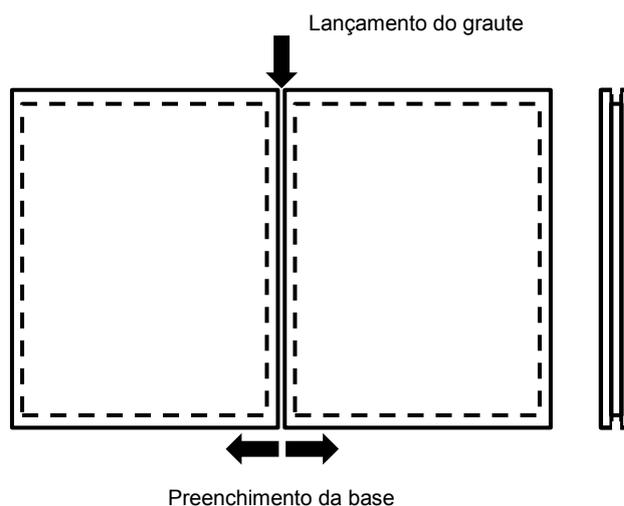


Figura 24 – Grauteamento da ligação lateral e da base dos painéis

- d) O tratamento das juntas externas é feito com a aplicação de selante de poliuretano, sobre fundo de junta (espuma de polietileno). O acabamento final das juntas, na face interna e externa das paredes é feito com a aplicação de tela de poliéster de 100 mm de largura e emulsão acrílica, antes da aplicação da pintura ou da textura, respectivamente. O acabamento final das juntas horizontais das faces externas das paredes (encontros com as lajes) é realizado por meio de molduras pré-fabricadas de EPS;
- e) As lajes são maciças, pré-fabricadas de concreto armado. A ligação dos painéis de parede com as lajes é feita como mostrado esquematicamente na Figura 25, preenchendo-se simultaneamente com graute as juntas entre os panos de laje e o rebaixo existente no topo do painel;

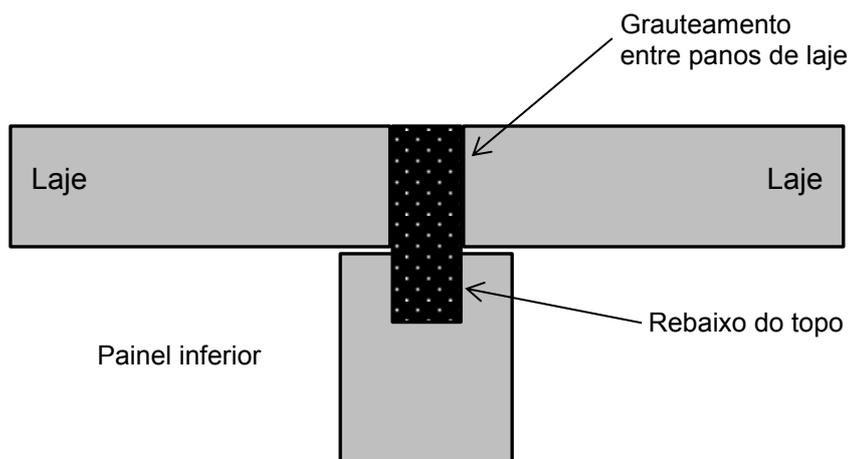


Figura 25 – Ligação entre painéis de parede e painéis de laje

4 Avaliação técnica

A avaliação técnica das *paredes com painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado da DPB* foi conduzida conforme a DIRETRIZ SINAT Nº 002 – Revisão 02, de agosto de 2016, e da ABNT NBR 15575:2013, a partir da análise de projetos e especificações técnicas, ensaios em laboratório, ensaio em campo e auditoria técnica, em fábrica e em obra, cujos resultados constam dos Relatórios do IPT, citados no item 6.2.

4.1 Desempenho estrutural

Foram feitos ensaios de impacto de corpo mole, impacto de corpo duro, resistência à solicitação de peças suspensas e comportamento sob efeito de ações transmitidas por portas, como descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 049 579-203 e não foram verificadas ocorrências, concluindo-se que as paredes do sistema construtivo atendem às exigências da DIRETRIZ SINAT Nº 002 – Revisão 02.

Foi feito o ensaio de compressão excêntrica dos painéis de parede, conforme Relatórios Técnicos IPT n.º 107 938-205 e n.º 106 343-205. Com os resultados dos ensaios da Tabela 1 utilizou-se as equações para a determinação da resistência última de (R_{ud}) e da resistência de serviço (R_{sd}) da ABNT NBR 15575-2 com $\gamma_m = 1,5$ e $\xi = 1,5$.

Tabela 1 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

Relatório	Corpo-de-prova ensaiado	Carga da primeira fissura (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)*
106 343-205	CP 1	—**	> 1163,8
	CP 2	581,9	> 1163,8
	CP 3	498,7	> 1163,8
	Média	388,9	> 1163,8

* Os corpos de prova não sofreram ruptura para a carga de 1163,8 kN/m, tendo sido a carga limite aplicada.

** O painel CP1 não sofreu fissuras.

A resistência última (R_{ud}), obtida a partir dos resultados do ensaio (adotando-se $\xi = 1,5$ e $\gamma_m=1,5$) foi de 543,1 kN/m.

Considerando-se que um dos painéis ensaiados não sofreu fissura, mesmo chegando à carga máxima, adotou-se, para esse painel, para efeitos de cálculo, o valor de 70% da menor carga obtida (498,7 kN) como carga de primeira fissura (o que resulta em 349,1 kN). Assim, adotando-se $\xi = 1,5$, tem-se:

$$R_{sd} = 174,5 \text{ kN/m}$$

Tomando-se a maior carga prevista no projeto exemplo analisado ($S_k = 77 \text{ kN/m}$) foram calculadas a solicitação de projeto para o estado Limite Último ($S_{d,u}$) – com $\gamma_f = 1,4 \cdot 1,3$ – e para o estado limite de serviço ($S_{d,s}$) – com $\gamma_f = 1,3$, obtendo-se os resultados da Tabela 2. A partir desses resultados verificam-se comprovadas as condições de que $S_{d,u} \leq R_{ud}$, para o Estado Limite Último, e $S_{d,s} \leq R_{sd}$, para o Estado Limite de Serviço.

Tabela 2 – Resumo dos resultados de resistências e solicitações no estado limite último e de serviço

R_{ud}	$S_{d,u}$	R_{sd}	$S_{d,s}$
543,1 kN/m	140,14 kN/m	174,5 kN/m	100,1 kN/m

Para cada empreendimento deve ser desenvolvido um projeto estrutural específico e sua respectiva memória de cálculo, cujas solicitações de projeto devem ser comparadas com a resistência última de projeto (R_{ud}) e a resistência de serviço (R_{sd}).

Concluiu-se que os painéis ensaiados apresentam resistência à compressão excêntrica adequada, considerando o uso em edifícios de até cinco pavimentos. Para cada projeto específico deve ser elaborado projeto estrutural específico pela DPB e respeitado o valor máximo da resistência última de projeto observada, verificando-se os limites a serem admitidos para as cargas atuantes.

4.2 Estanqueidade à água

Para avaliar os aspectos que influenciam a estanqueidade à água do sistema de paredes quando submetidos a fontes de umidade internas e externas foi feita por meio de ensaio, antes e após choque térmico, e por análise de projeto.

Para o caso das fachadas o sistema de paredes atende aos requisitos de estanqueidade à água de chuva, comprovado por meio de ensaio, no qual não houve ocorrências. Contribui para a estanqueidade à água o tratamento das juntas verticais entre painéis (limitador de profundidade, graute de 30 MPa, fundo de junta e selante de poliuretano) e o tratamento das juntas horizontais entre pavimentos com emulsão acrílica e tela de poliéster, antes da textura. É importante respeitar as condições de manutenção das juntas, conforme as recomendações constantes do Manual de Uso e Manutenção do produto, a ser fornecido pela DPB para cada empreendimento específico.

Nas paredes externas, na interface entre os painéis e a fundação, é especificada a execução de impermeabilização na base das paredes, como indicado esquematicamente na Figura 26, além da previsão de diferença de cota para a calçada externa à edificação.

No banheiro e cozinha é aplicada impermeabilização na forma de membrana polimérica em todo o piso e nos rodapés até a altura de 150 mm.

A fixação das janelas é feita com bucha e parafuso e a vedação no encontro com os painéis pré-fabricados e esquadria é feita com silicone de cura neutra. As janelas devem satisfazer a ABNT NBR 10821 – Esquadrias externas para edificações.

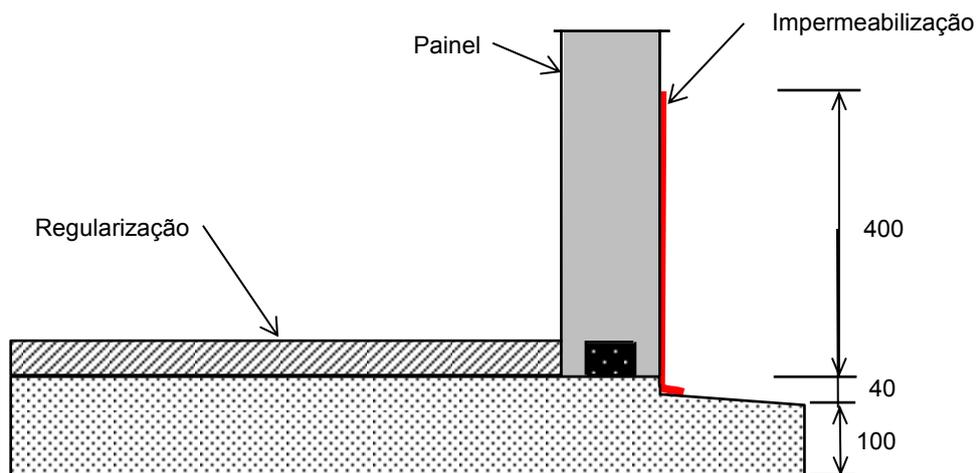


Figura 26 – Impermeabilização da base dos painéis das paredes externas e diferença de cota na calçada externa à edificação (dimensões em milímetros)

A estanqueidade à água das paredes internas submetidas à ação de água de uso e de lavagem é considerada satisfatória, em razão das características do painel, produzido com concreto armado com $f_{ck} = 40$ MPa, do acabamento das juntas internas e do revestimento da superfície interna das paredes com placas cerâmicas.

Também se prevê em projeto caimentos dos pisos de áreas molhadas e de pisos externos (calçadas ao redor da edificação) e diferença de cotas entre o piso externo e interno da edificação, bem como a diferença de cota entre pisos de áreas molhadas e áreas secas e molháveis. É empregada impermeabilização no rodapé das paredes de áreas molhadas.

4.3 Desempenho térmico

A avaliação do desempenho térmico foi feita por meio de simulações computacionais para uma edificação de cinco pavimentos, para as Zonas Bioclimáticas Z3 e Z7, representadas, respectivamente, pelas cidades de São Paulo-SP e Cuiabá-MT. Foi realizada também a avaliação para a cidade de Belém-PA, situada na zona Z8. Os resultados detalhados constam do Relatório Técnico IPT nº 107 881-205.

As características da edificação considerada nas simulações térmicas são mostradas no Quadro 1.

Constatou-se que o sistema de painéis da DPB, considerando o projeto de apartamentos com as características apresentadas no Quadro 1, atende ao critério de desempenho térmico no período de verão, desde que sejam consideradas as condições descritas a seguir.

Na Zona Bioclimática 3, representada pela cidade de São Paulo, no período de verão, é atendido o critério referente ao nível de desempenho “Mínimo”, na sala e no dormitório com o emprego de cores claras ou médias no acabamento externo das paredes para as condições padrão, com sombreamento das aberturas ou com ventilação dos ambientes. Para a condição com sombreamento e ventilação, simultaneamente, é atendido o desempenho térmico mínimo com qualquer cor da fachada. O mesmo pode ser concluído para a cidade de Belém, PA, inserida na zona Z8.

Na Zona Bioclimática 7, representada pela cidade de Cuiabá, no período de verão é atendido o critério referente ao nível de desempenho “Mínimo” na sala e no dormitório com o emprego de qualquer cor da fachada.

As condições descritas anteriormente são mostradas resumidamente na Tabela 3.

Quadro 1 – Características da edificação avaliada nas simulações térmicas

	Apartamento
Paredes externas	painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado com espessura total de 140 mm e espaçamento interno de 70 mm (região fora das nervuras)
Paredes internas	
Pé direito/área da unidade habitacional	2,50m / 35m ²
Laje do último pavimento	maciças, de concreto armado, com espessura de 100 mm
Lajes intermediárias	
Telhado	telhas cerâmicas ou de fibrocimento
Janelas dos dormitórios	120cm x 100cm, com caixilhos metálicos, com vidro liso incolor transparente de 3mm de espessura, sem veneziana
Janela da sala	200cm x 100cm, com caixilho metálico, com vidro liso incolor transparente de 3mm de espessura, sem veneziana
Absortância à radiação solar das paredes	0,3 (cor clara), 0,5 (cor média) e 0,7 (cor escura)

Tabela 3 – Condições necessárias para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo de apartamentos nas Zonas Bioclimáticas 3 e 7, bem como em Belém-PA, inserida na zona Z8, no verão

Zonas Bioclimáticas	Cor do acabamento externo das paredes ^(a)			
	Condição padrão ^(b)	Com sombreamento ^(c)	Com ventilação ^(d)	Com sombreamento e ventilação
3	Atende apenas com cor clara	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com qualquer cor ^(e)
7	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)	Atende com qualquer cor ^(e)
Cidade de Belém-PA	Atende apenas com cor clara	Atende com cor clara ou média	Atende apenas com cor clara	Atende com qualquer cor ^(e)

Notas:

- Absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a 0,3 (cor clara), 0,5 (cor média) e 0,7 (cor escura);
- Condição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição de sombreamento: proteção solar externa ou interna que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;
- Condição de ventilação: ambiente ventilado a uma taxa de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 Ren/h);
- Recomenda-se evitar o uso de cores excessivamente escuras, com elevada absortância à radiação solar.

No período de inverno, é atendido o desempenho térmico “Mínimo” para a zona bioclimática 3, desde que sejam utilizadas cores médias ou escuras nas paredes externas. Portanto, para a zona Z3, a adoção de cores médias para as fachadas permite que seja atendido o nível mínimo, para as condições de verão e de inverno. Para a zona bioclimática 7 e para a cidade de Belém, PA, inserida na zona Z8, não há critérios de desempenho térmico para o período de inverno.

4.4 Desempenho acústico

Foi realizado ensaio em laboratório para a determinação do índice de isolamento sonora ponderado (R_w) das paredes de fachada (elemento cego) constituídas de painéis nervurados pré-fabricados

de concreto armado com espessura total de 140 mm, conforme Relatório de Ensaio IPT n.º 980 629-203, obtendo-se o resultado de $R_w = 41$ dB.

Adicionalmente, como forma de demonstrar o potencial de atendimento à ABNT NBR 15575-4, foram feitas simulações, segundo o método previsto pelas “Especificações de desempenho nos empreendimentos de HIS baseadas na ABNT NBR 15575 - Edificações Habitacionais – desempenho - Orientações ao Proponente para Aplicação das Especificações de Desempenho em Empreendimentos de HIS”, considerando uma janela de alumínio de 1,20 m x 1,20 m, com isolamento sonora correspondente ao limite superior da classe de desempenho acústico C ($R_w=24$ dB) da ABNT NBR 10821-4, instalada em uma parede de fachada de área total de 8,10 m², sendo obtido o valor teórico de $D_{2m,nTw} = 26$ dB, o que atende as classes de ruído I e II, conforme exposto na Tabela 4, admitindo-se que as transmissões de ruído marginais, como por exemplo entre fachada e cobertura, ou fachada e cômodos adjacentes serão de, no máximo, 5 dB.

Tabela 4 – Síntese dos critérios de desempenho mínimos para fachadas, conforme ABNT NBR 15.575-4: 2013 e dos resultados da simulação

Classe de Ruído	Critério de desempenho mínimo, para valores de campo $D_{2m,nTw}$ (dB)	Resultado da simulação Valor teórico de $D_{2m,nTw}$ (dB)
I	20	26
II	25	
III	30	

Para a parede entre unidades habitacionais (parede maciça de 140 mm) foi feito ensaio em campo, conforme Relatório IPT n.º 1 054 263-203, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 5, que é satisfatório para paredes de geminação, conforme a ABNT NBR 15575-4:2013, para as situações em que não haja ambiente dormitório. O valor determinado em campo, entretanto, tem significação restrita à situação medida.

Tabela 5 – Síntese dos critérios de desempenho para paredes entre unidades onde não haja dormitório e do resultado do ensaio de isolamento sonora em campo

Elemento	Critério de desempenho: valor mínimo – $D_{nT,w}$ (dB)	Valor de $D_{nT,w}$ determinado em campo (dB) (parede maciça – 14cm)
Parede entre unidades autônomas, onde não exista dormitório	40	44

O produto, portanto, considerando painéis vazados e painéis preenchidos na obra, oferece condições potenciais para que sejam atendidos os critérios da ABNT NBR 15575-4 pela edificação, a menos de duas situações específicas: paredes de geminação, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório; e parede cega entre unidades habitacionais e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas. Nestas condições, se for o caso, o proponente deverá fornecer recomendações específicas, como emprego de painéis ou paredes especiais. Ressalta-se que o desempenho acústico deve ser considerado sempre para o conjunto, ou seja, em seus empreendimentos a DPB deve compatibilizar o desempenho acústico das paredes com os demais componentes e elementos construtivos, como esquadrias externas, coberturas e portas de entrada das unidades habitacionais.

4.5 Durabilidade e manutenibilidade

Para a verificação dos requisitos relacionados à durabilidade (potencial atendimento a VUP de 50 anos) foram feitas análises do projeto e das especificações dos materiais empregados, e ensaio para verificar a resistência das paredes à ação de calor e choque térmico.

O concreto empregado na produção dos painéis é convencional, com massa específica, aproximada, de 2.200 kg/m^3 , resistência característica à compressão (f_{ck}) igual a 40 MPa e relação água/cimento $\leq 0,45$. A DPB especifica a utilização de espaçadores de 20mm para a tela e para as treliças utilizadas como armadura nos painéis, o que atende aos cobrimentos nominais prescritos pela ABNT NBR 9062:2006 para a Classe I e Classe II de agressividade ambiental, desde que se tenha $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$ e relação água/cimento $\leq 0,45$.

Assim, do ponto de vista da durabilidade, relacionada à corrosão das armaduras, conclui-se que o sistema DPB satisfaz às exigências da DIRETRIZ SINAT N° 002, considerando-se ainda que a tela de aço empregada é galvanizada.

Foi feito ensaio para determinação da resistência de parede com painéis DPB à ação de calor e choque térmico, conforme Relatório IPT n° 1 060 159-203. Foi ensaiado um trecho de parede com 2410 mm de largura e 2600 mm de altura com restrição de movimentação lateral e com uma junta no meio (junta entre dois painéis adjacentes de 1200mm de largura cada). Após a execução de dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e choque térmico, a parede não apresentou ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos e outros danos, nem deslocamento horizontal instantâneo superior a $h/300$, o que atende às exigências da DIRETRIZ SINAT 002 quanto ao requisito de resistência à ação de calor e choque térmico. Foram também realizados dois ensaios de estanqueidade à água no trecho de parede utilizado para o ensaio de choque térmico, sendo, portanto, os ensaios realizados antes e após o término desse ensaio. Os resultados dos ensaios de estanqueidade à água atendem aos critérios estabelecidos na DIRETRIZ SINAT 002.

A manutenibilidade foi avaliada considerando-se o Manual Técnico de Uso e Manutenção do produto DPB, no qual constam informações sobre as características do produto, seus cuidados de uso e manutenção, além dos aspectos que resultam na perda da garantia para os diversos componentes e elementos construtivos. Constam, ainda, no documento, os prazos de garantia e a vida útil de projeto dos principais elementos que formam o produto DPB.

4.6 Segurança ao fogo

Os elementos analisados – paredes – são constituídos de material incombustível, que não se caracterizam como propagador de incêndio e propiciam condições adequadas para restringir o rápido crescimento do incêndio.

Foi feito ensaio de resistência ao fogo de trecho de parede, considerando os painéis “vazados”, conforme apresentado no Relatório de Ensaio IPT n° 986.623-203, obtendo-se o resultado de 60 minutos, com a aplicação de carga vertical de 77 kN/m.

Conclui-se, portanto, que o sistema DPB atende ao especificado na DIRETRIZ SINAT N° 002, revisão 02, quanto à segurança ao fogo.

5 Controle da qualidade

Foram feitas auditorias técnicas na unidade de produção dos painéis, localizada na cidade de Várzea Paulista – SP, e na obra do Condomínio Monterrey, na cidade de Rio Claro – SP para verificar se o controle da qualidade do processo de produção estava sendo aplicado conforme a DIRETRIZ SINAT N° 002 – Revisão 02.

Na auditoria inicial foram verificados os aspectos de controle citados a seguir, os quais devem ser continuamente controlados pela DPB:

- Recebimento dos materiais e componentes (concreto e armadura – ensaios de verificação da consistência e da resistência à compressão do concreto na idade de desenforma e aos 28 dias);
- Controle da qualidade das etapas de produção dos painéis (posicionamento e cobrimento das armaduras, lançamento e adensamento do concreto, desenforma, armazenamento, reparos e transporte);
- Controle da montagem dos painéis no canteiro de obra (travamento e alinhamento dos painéis, preenchimento com graute, ligações, acabamentos e interfaces com esquadrias e demais componentes).

Na fábrica dos painéis da DPB em Várzea Paulista-SP, onde foi feita a auditoria técnica inicial, constatou-se a existência de projetos para a produção dos painéis e procedimentos de controle dos materiais utilizados.

Foi analisada a documentação que comprova o controle tecnológico do concreto empregado na produção dos painéis. Adota-se controle parcial. São feitos ensaios de resistência à compressão a 24 horas, 7 dias e 28 dias para os quais são retirados quatro corpos de prova a cada 2,50 m³ de concreto. Os ensaios são feitos na própria fábrica por empresa de controle tecnológico, contratada pela DPB. Há rastreabilidade do concreto, com a indicação das peças concretadas.

Na obra do Condomínio Monterrey em Rio Claro-SP, onde foi feita a auditoria técnica constatou-se a observação de procedimentos de execução e montagem dos painéis citados anteriormente e condizentes com as especificações do Procedimento de Montagem de Peças Pré-fabricadas, fornecido pela DPB.

Observa-se que a DPB não licencia a tecnologia para terceiros, assumindo a responsabilidade pela produção e montagem dos painéis na obra. Porém, caso a DPB venha a licenciar a tecnologia para terceiros deve estabelecer as regras de contratação e parceria com empresas construtoras e é necessário encaminhar ao IPT o contrato, ou parte dele, que mostre a relação entre a construtora e a DPB, no que diz respeito aos cumprimentos das condições expressas neste DATec e dos procedimentos de controle da qualidade, com as atribuições e responsabilidades dos envolvidos.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada seis meses para verificação dos controles realizados pela DPB no processo de produção e no produto final, incluindo a análise dos resultados históricos do controle tecnológico do concreto e do graute.

6 Fontes de informação

As principais fontes de informação são os documentos técnicos da DPB e os Relatórios emitidos pelo IPT para a avaliação técnica do sistema construtivo e para a auditoria técnica do processo de produção, listados, respectivamente, nos itens 6.1 e 6.2.

6.1 Documentos da empresa DPB (Domus Populi Brasitherm Soluções Tecnológicas para Construção Civil S.A.).

- Projetos dos painéis da obra do Condomínio Monterrey, em Rio Claro-SP;
- Projeto executivo do sistema construtivo;
- Procedimento operacional acabamento – PO35;
- Procedimento de Montagem de Peças Pré-fabricadas – PO42;
- Procedimento de montagem de lajes pré-moldadas – PO43;
- Planilhas de controle da resistência do concreto dos painéis da obra do Condomínio Monterrey, em Rio Claro -SP;

- Manual de uso, operação e manutenção do sistema construtivo (Manual do proprietário), elaborado pela DPB para o Condomínio Monterrey, em Rio Claro-SP.

6.2 Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico IPT nº 150 428 -205 – Vistoria técnica em unidades habitacionais em uso construídas com paredes de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado (Junho de 2017);
- Relatório Técnico IPT nº 147 946 -205 – Segunda auditoria técnica periódica na produção do sistema da DPB, constituído de paredes de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado, para emprego em edifícios de até cinco pavimentos e vistoria técnica em unidades em uso (Agosto de 2016);
- Relatório Técnico IPT nº 144 268-205 – Primeira auditoria técnica periódica na produção do sistema da DPB, de paredes de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado, para emprego em edifícios de até cinco pavimentos (Julho de 2015);
- Relatório de ensaio IPT nº 1.060.159-203 – Verificação de sistema de vedação vertical externa quanto à resistência à ação do calor e choque térmico e à estanqueidade à água (Julho de 2014);
- Relatório Técnico IPT nº 133 109-205 – Auditoria técnica na produção do sistema construtivo DPB, constituído de paredes de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado, para emprego em edifícios de até cinco pavimentos (Maio de 2013);
- Carta IPT CETAC/LCSC nº 28 (Abril de 2011);
- Relatório Técnico IPT nº 132 758-205 – Avaliação técnica complementar de sistema construtivo constituído de paredes de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado, para emprego em edifícios de até cinco pavimentos (Abril de 2013);
- Relatório Técnico IPT nº 107 938-205 – Avaliação de desempenho de sistema construtivo constituído por painéis nervurados pré-moldados de concreto armado para edifícios de até cinco pavimentos (Dezembro de 2008);
- Relatório Técnico IPT nº 107.881-205 – Avaliação do desempenho térmico de apartamentos nas cidades de Belém, Cuiabá e São Paulo (Dezembro de 2008);
- Relatório Técnico IPT nº 106.343-205 – Ensaio de compressão excêntrica em painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado (Setembro de 2008);
- Relatório de ensaio IPT nº 1.054.263-203 – Determinação do isolamento ao ruído aéreo de um elemento de vedação vertical interna entre duas unidades habitacionais autônomas (Janeiro de 2014);
- Relatório de ensaio IPT nº 1.049.579-203 – Ensaio de desempenho de sistemas de vedação vertical (Setembro de 2013);
- Relatório de ensaio IPT nº 982.659-203 – Ensaio físicos e mecânicos do concreto (Setembro de 2008);
- Relatório de ensaio IPT nº 980.629-203 – Medição da isolamento sonora (Setembro de 2008);
- Relatório de ensaio IPT nº 986.622-203 – Ensaio de resistência ao fogo (Dezembro de 2008).

7 Condições de emissão do DATec

Este Documento de Avaliação Técnica, DATec, é emitido nas condições descritas, conforme Regimento geral do SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores, Capítulo VI, Art. 22:

- a) O Proponente, **Domus Populi Brasitherm Soluções Tecnológicas para Construção Civil S.A. – DPB**, é a única responsável pela qualidade do produto avaliado no âmbito do SINAT;
- b) O Proponente deve produzir e manter o produto, bem como o processo de produção, no mínimo nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliadas no âmbito do SINAT;
- c) O Proponente deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo a Diretriz SiNAT nº 002, revisão 02;
- d) O Proponente deve empregar e controlar o uso do produto, ou sua aplicação, de acordo com as recomendações constantes do DATec concedido e literatura técnica da empresa.

O Proponente, **Domus Populi Brasitherm Soluções Tecnológicas para Construção Civil S.A. – DPB**, compromete-se a:

- a) Manter o produto “*Sistema de paredes DPB de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado*”, seus materiais, componentes e o processo de produção alvo deste DATec no mínimo nas condições gerais de qualidade em que foram avaliados neste DATec, elaborando projetos específicos para cada empreendimento;
- b) Produzir o produto de acordo com as especificações, normas técnicas e regulamentos aplicáveis;
- c) Manter a capacitação da equipe de colaboradores envolvida no processo;
- d) Manter assistência técnica, por meio de serviço de atendimento ao cliente/construtora e ao usuário final.

O produto deve ser utilizado e mantido de acordo com as instruções do produtor e recomendações deste Documento de Avaliação Técnica.

O SiNAT e a Instituição Técnica Avaliadora, no caso o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto deste produto.

Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H
Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT
Brasília, DF, 14 de novembro de 2018